

Verfügbarkeitsberechnungen als Bewertungsmaßstab für die Instandhaltungsqualität

Die Verfügbarkeit nach industriellem Standard ermittelt liefert nachvollziehbare Messwerte. Das trifft auch für Windenergieanlagen zu. Hier lassen sich gleich drei Verfügbarkeitswerte berechnen und eindeutig zuordnen: Welchen Einfluss haben die Betriebsführung, die Instandhaltung und der Anlagenhersteller? In dem u. a. Beispiel wird die Anlagenverfügbarkeit beeinflusst von der Betriebsführung mit 46,7 %, der Instandhaltung mit 47,6 % und auf den Anlagenhersteller entfallen 5,7 %. Diese Werte gilt es permanent (monatlich) auszuwerten, Veränderungen aufzuzeigen und daraus Optimierungspotenziale abzuleiten.

Die Verfügbarkeit wird bestimmt von der Höhe der Ausfallzeiten. Diese können sowohl technische wie auch organisatorische Ursachen haben. Die Technik wird geprägt von der konstruktiven Qualität der Anlage; daran muss sich der Anlagenhersteller messen lassen. Die Organisation beschreibt die logistische Unterstützung und die Reaktionszeiten im Störfall; daran muss sich die Instandhaltungsorganisation messen lassen. Aber auch die Betriebsführung hat einen Einfluss auf die Verfügbarkeit, wie der folgende Beitrag zeigt.

Definition

Die Verfügbarkeit ist die Wahrscheinlichkeit, dass eine Anlage zu einem vorgegebenen Zeitpunkt in funktionsfähigem Zustand angetroffen wird. Diese in der Literatur verwendete Definition beschreibt bei reparierbaren Systemen den Zusammenhang zwischen Zuverlässigkeit und Instandhaltbarkeit.

In der Berechnung sind aber auch zu berücksichtigen die logistische Unterstützung und menschliche Faktoren. Oft geht man von der Annahme idealer logistischer und organisatorischer Abläufe aus, so dass die Verfügbarkeit nur noch eine Funktion der Zuverlässigkeit und Instandhaltbarkeit wird.

Grundlagen

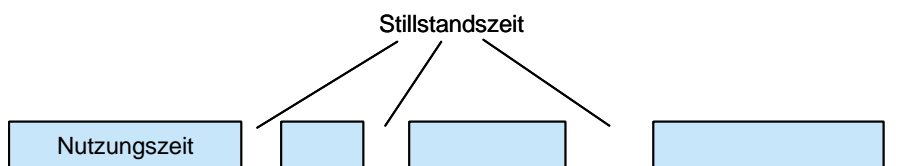
Die Berechnung der Verfügbarkeit ist beschrieben in VDI 3423, VDI 4008, VDE 2180, DEF-STAN 60, MIL-STD 1388, AECMA, TÜV Rheinland (Instandhaltungsberater), Handbücher aus den Branchen Bergbau, Kraftwerke, Bundesbahn, und weitere Literaturstellen. Es werden unterschiedliche Begriffe verwendet, die Methodik ist jedoch in allen Unterlagen gleich.

Im folgenden Beitrag werden die Besonderheiten bei Windenergieanlagen berücksichtigt. Grundlage ist die VDI 3423 "Verfügbarkeit von Maschinen und Anlagen, Begriffe, Definitionen, Zeiterfassung und Berechnung".

Berechnung der Verfügbarkeit

Zur Berechnung der Verfügbarkeit wird zunächst der Betrachtungszeitraum festgelegt. Bei den Windenergieanlagen gibt es keine Sonn- und Feiertage, es sind auch keine Werksferien zu berücksichtigen. Es gilt der Betrachtungszeitraum z. B. 1 Monat, oder 1 Jahr, etc.

Prinzipiell gibt es nur zwei Betriebszustände, entweder bläst der Wind und es wird Strom erzeugt - oder kein Wind, kein Strom.



Die einzelnen Zeiträume von Nutzungszeit und Stillstandszeit innerhalb eines Betrachtungszeitraumes werden addiert.

Betrachtungszeit z. B. Monat, 1 Jahr ($24\text{h} \times 365 = 8.760\text{ h/Jahr}$)	
Belegungszeit	kein Wind

Für die Verfügbarkeit kommt nur die Belegungszeit in Betracht, also die Zeit, in der die Windenergieanlage aufgrund der Windverhältnisse in der Lage ist, Strom zu erzeugen.

Die Belegungszeit unterteilt sich in eine reine Nutzungszeit und eine Stillstandszeit, verursacht durch technische Störungen, Wartungen, Abschaltungen, etc.

Betrachtungszeit z. B. Monat, 1 Jahr (24h x 365 = 8.760 h/Jahr)		
Belegungszeit		kein Wind
Nutzungszeit	Stillstandszeit	kein Wind

Die Stillstandszeit unterteilt sich in die Zeiträume "kein Betrieb", Wartezeit und IH-Zeit.

Betrachtungszeit z. B. Monat, 1 Jahr (24h x 365 = 8.760 h/Jahr)		
Belegungszeit		kein Wind
Nutzungszeit	Stillstandszeit	
Nutzungszeit	Kein Betrieb	Wartezeit
		IH-zeit
		kein Wind

- "Kein Betrieb" sind Stillstände, die nicht der Technik oder Instandhaltung angerechnet werden können, also Netzstörungen, Gutachten, Besichtigungen, etc.
- Wartezeiten sind Verlustzeiten der Instandhaltung durch Warten auf Ersatzteile, Warten auf Personal, Fahrzeit zur gestörten Anlage, etc.
- IH-Zeit sind die geschriebenen Monteurstunden.

Mit diesen wenigen Zeitangaben lassen sich drei unterschiedliche Verfügbarkeitswerte mit unterschiedlichen Aussagen berechnen.

1. Nutzungsgrad

Der Nutzungsgrad N_G ist das Verhältnis von Nutzungszeit zu Belegungszeit und gibt an, wie effizient die Betriebsführung eine Anlage nutzen kann. Gelingt es der Betriebsführung, die Betriebsunterbrechungen ("kein Betrieb") zu reduzieren, Gutachten, Besichtigungen, etc. in windstille Zeiten zu verlegen, dann wird sich der Anteil der Nutzungszeit automatisch erhöhen.

$$N_G = \frac{\text{Nutzungszeit}}{\text{Nutzungszeit} + \text{Stillstandszeit}}$$

2. Operationelle Verfügbarkeit

Die operationelle Verfügbarkeit V_O berücksichtigt aus der Stillstandszeit den Anteil Wartezeit und IH-Zeit. Wartezeiten fallen nur an bei technischen Störungen. Man kann davon ausgehen, dass sie ein Vielfaches von der reinen IH-Zeit betragen und deshalb einen großen Einfluss auf die operationelle Verfügbarkeit haben.

$$V_O = \frac{\text{Nutzungszeit}}{\text{Nutzungszeit} + \text{Wartezeit} + \text{IH Zeit}}$$

In der Wartezeit steckt ein hohes Verbesserungspotenzial, was ausschließlich von der Instandhaltungsorganisation beeinflusst werden kann, denn nur sie kann die Wartezeit verringern durch Fernüberwachung, kurze Reaktionszeiten, Vorhalten der richtigen Ersatzteile, etc. Auch eine Reduzierung der Wartezeit erhöht den Anteil der Nutzungszeit.

Dieser Verfügbarkeitswert V_O enthält aber auch einen Anteil, der von der technischen Auslegung bestimmt ist und nicht von der Instandhaltungsorganisation beeinflusst werden kann.

3. Technische Verfügbarkeit

Die technische Verfügbarkeit V_T wird bestimmt von der Zuverlässigkeit der Anlage und der wartungsgerechten Auslegung, bzw. servicefreundlichen Konstruktion. Es sind zunächst Zuverlässigkeit und Instandhaltbarkeit zu definieren.

Die Zuverlässigkeit wird ausgedrückt durch die mittlere ausfallfreie Zeit MTBF (mean time between failures). Die MTBF gibt an, nach wie viel Stunden Nutzungszeit eine Störung zu erwarten ist. Eine hohe MTBF bedeutet eine hohe Zuverlässigkeit, bzw. eine niedrige Ausfallrate.

$$\text{MTBF} = \frac{\sum \text{Nutzungszeit}}{\sum \text{Ausfälle}}$$

Die Instandhaltbarkeit wird definiert als die durchschnittliche Instandsetzungszeit MTTR (mean time to repair). Hier spielt die konstruktive Auslegung eine große

Rolle, denn die MTTR wird umso kürzer ausfallen, je besser die Zugänglichkeit zu defekten Baugruppen gewährleistet ist und je schneller Verschleißteile ausgetauscht werden können.

$$MTTR = \frac{\sum \text{IH-Zeit}}{\sum \text{Ausfälle}}$$

Die technische Verfügbarkeit wird wie folgt berechnet:

$$V_T = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Die technische Verfügbarkeit zeigt, wie qualitativ hochwertig und servicegerecht eine Anlage konstruiert wurde und fällt in den Verantwortungsbereich des Anlagenherstellers.

Beispiel aus der Praxis:

1,3 MW Anlage, noch in der Gewährleistungszeit

Betrachtungszeit 1 Jahr	= 8.760 h
kein Wind	= 1.370 h
Belegungszeit (8.760 minus 1.370)	= 7.390 h
Stillstandszeit	= 180 h
Abschaltzeit	= 85 h
Wartezeit	= 45 h
IH-Zeit	= 50 h
davon 2 Wartungen à 20 h	= 40 h
2 Störungen, IH-Zeit	= 10 h
Nutzungszeit (7.390 minus 180)	= 7.210 h
Leistungsabgabe	= 1.650.000 kWh

Aus diesen Angaben lassen sich folgende Daten ermitteln:

Nutzungsgrad

$$N_G = \frac{\text{Nutzungszeit}}{\text{Nutzungszeit} + \text{Stillstandszeit}} = \frac{7210}{7210 + 180} = 97,56 \%$$

operationelle Verfügbarkeit

$$V_O = \frac{\text{Nutzungszeit}}{\text{Nutzungszeit} + \text{Wartezeit} + \text{IH Zeit}} = \frac{7210}{7210 + 45 + 50} = 98,7 \%$$

Zuverlässigkeit

$$\text{MTBF} = \frac{\sum \text{Nutzungszeit}}{\sum \text{Ausfälle}} = \frac{7210}{2} = 3605 \text{ h}$$

Instandhaltbarkeit

$$\text{MTTR} = \frac{\sum \text{IH - Zeit}}{\sum \text{Ausfälle}} = \frac{10}{2} = 5 \text{ h}$$

Technische Verfügbarkeit

$$V_T = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}} = \frac{3605}{3605 + 5} = 99,86 \%$$

Aus diesen Prozentzahlen lässt sich die Einflussgröße von Betriebsführung, Instandhaltung und Anlagenhersteller ableiten.

Bewertung

Im vorliegenden Beispiel sind die Verfügbarkeitswerte relativ hoch. Hierfür gibt es zwei Gründe:

1. Die Anlage ist neu, Verschleiß und Alterung wirken sich noch nicht aus.
2. Bei einer Jahresleistung von 1.650.000 kWh in 7.210 h Nutzungszeit wurden pro Stunde 228,8 kW erzeugt, d. h. die Anlage ist nicht oder nur selten im Vollastbetrieb gefahren.

Die Verfügbarkeitsangaben eignen sich für Vergleiche und Benchmarking ebenso wie die jährlichen Instandhaltungskosten. In diesem Beispiel sind bei geschätzten Instandhaltungskosten von 8.500 € pro Jahr ca. 0,51 Cent IH-Kosten pro erzeugten kWh angefallen.

Fazit

Bei Windenergieanlagen werden die Betriebszustände aus der Steuerung genau ermittelt und aufgezeichnet. Die automatisch gelieferten Informationen sind bestens geeignet, in Verknüpfung mit den Instandhaltungsdaten Verfügbarkeitsbetrachtungen durchzuführen und die Instandhaltungsplanung danach auszurichten.

Die Instandhaltungsdaten werden bei Einsatz von Instandhaltungs-Management-Systemen zur Planung und Rückmeldung von Wartung und Reparatur ermittelt. Auf jeden "Verursacher" entfallen einige Prozentanteile. Eine 100 %-ige Verfügbarkeit gibt es nicht. Entscheidend ist die Größenordnung zu kennen, die Ursachen festzustellen und danach die möglichen Verbesserungen einzuleiten (KVP = kontinuierlicher Verbesserungsprozess).

- . -

DIW Windservice ist ein unabhängiger Dienstleister für die Wartung und Instandsetzung von Windenergieanlagen mit einem flächendeckenden Servicenetz in Deutschland. Im Vordergrund steht der langfristige Prozess der Betreuung der Anlagen d. h. das Risiko von Stillständen und die Kosten für die Instandhaltung zu minimieren. Zu den einzelnen Leistungen gehören Wartung nach Herstellerangaben, UVV-Überprüfungen, Entstörservice, Datenfernüberwachung und Fehlerdiagnose, Antriebstechnik, herstellerunabhängige Anlagenoptimierung, Reinigung, Rotor-service, Öl-service, Dokumentation, Condition Monitoring, Versicherung, Repowering und Ersatzteilversorgung. Als Tochterunternehmen der DIW Deutsche Industriewartung AG, Stuttgart, und ein Unternehmen des Konzernbereichs Voith Industrial Services der Voith AG, Heidenheim, bietet DIW Windservice Komplettservice für Windenergieanlagen aller Hersteller.

Erfolgreiche Unternehmen sind unter dem Dach der DIW Gruppe vereint und bieten ein einzigartiges Konzept an Technischen Dienstleistungen. Durch die gesellschaftsrechtliche Verbindung zur DIW Gruppe bietet die Hörmann Industrietechnik GmbH hochwertige Dienstleistungen für die Industrie und ist Spezialist für Entwicklungs-, Planungs- und Ausführungsleistungen in den Bereichen Produktion, produktionsnaher Prozesse und Gebäude.

Weitere Informationen und Unterstützung erhalten Sie von Herrn Reitze, Projektleiter im Kompetenzzentrum Standortdienstleistungen.



Wolfgang Reitze

Dipl. Ing. (FH) Elektrotechnik und Betriebswirt (VWA)

Hörmann Industrietechnik GmbH

Kompetenzzentrum Standortdienstleistungen

Hauptstraße 45 - 47

85614 Kirchseeon/München

Tel. (08091) 52 - 323

Fax (08091) 52 - 355

wolfgang.reitze@hoermann-it.de